

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 733 720 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

25.09.1996 Patentblatt 1996/39

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: C23C 8/34

(21) Anmeldenummer: 95118670.9

(22) Anmeldetag: 28.11.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL  
PT SE

(71) Anmelder: August Bilstein GmbH

58256 Ennepetal (DE)

(30) Priorität: 22.03.1995 DE 19510302

(72) Erfinder: Angermann, Rolf, Dr.-Ing.

D-58256 Ennepetal (DE)

(54) Oberflächenbehandelte Kolbenstange

(57) Oberflächenbehandelte Kolbenstange für einen hydraulischen Schwingungsdämpfer mit einem in einem Dämpfungszyylinder axial verschieblich geführten und mit einer Kolbenstange verbundenen Kolben, wobei der Kolben druckabhängige Dämpfungsventile für einen Austausch von Dämpfungsflüssigkeit in der Zug- und in der Druckstufe aufweist und den Dämpfungszyylinder in zwei Arbeitsräume unterteilt, wobei die oberflä-

chennahen Bereiche der Kolbenstange ausgehend vom Kernwerkstoff zunächst eine Diffusionsschicht aufweisen, wobei eine sich an die Diffusionsschicht anschließende und zur Oberfläche hinweisende, mit erhöhtem Stickstoffanteil versehene Verbindungsschicht vorhanden ist, und bei der die zur Oberfläche weisenden Bereiche der Verbindungsschicht mit einer Oxidschicht versehen sind, und die Oberfläche der Oxidschicht eine Rauigkeit Rz von höchstens 0,8 µm aufweist.

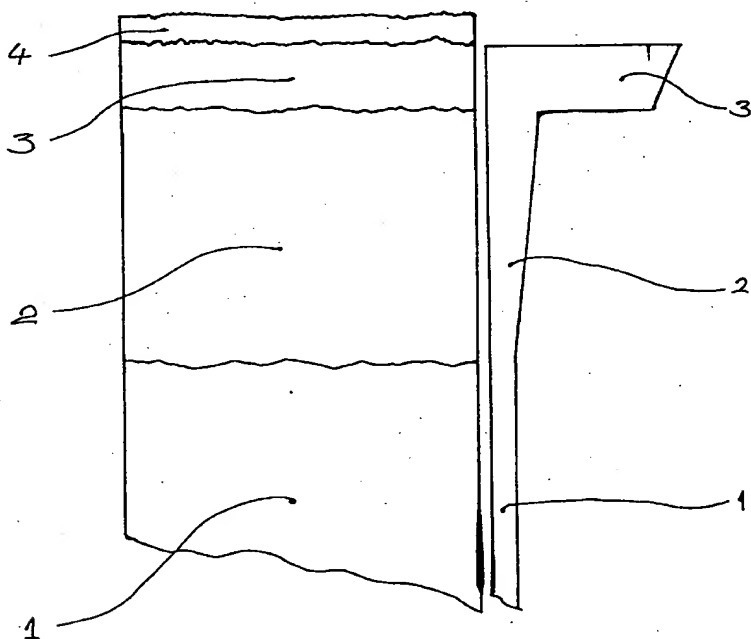


Fig. 1

EP 0 733 720 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine oberflächenbehandelte Kolbenstange für einen hydraulischen Schwingungsdämpfer mit einem in einem Dämpfungszylinder axial verschieblich geführten und mit einer Kolbenstange verbundenen Kolben, wobei der Kolben druckabhängige Dämpfungsventile für einen Austausch von Dämpfungsflüssigkeit in der Zug- und in der Druckstufe aufweist und den Dämpfungszylinder in zwei Arbeitsräume unterteilt.

Die Oberflächen von Kolbenstangen für hydraulische Schwingungsdämpfer sind starken abrasiven und korrosiven Beanspruchungen ausgesetzt und müssen zudem - insbesondere bei Federbeinkonstruktionen - in der Lage sein, auch mechanische Belastungen in Form von Biegungen und Flächenpressungen schadlos während der gesamten Lebensdauer zu ertragen.

Hierzu werden die Kolbenstangen in aller Regel einer Oberflächenbehandlung zugeführt, die es ermöglicht, die Oberflächen des zur Aufnahme der mechanischen Belastungen hochfesten und zähen Kernwerkstoffes so zu bearbeiten, daß zum einen eine genügende Härte zur Verfügung steht, die ein problemloses Gleiten in metallischen Führungen ohne gegenseitigen abrasiven Verschleiß ermöglicht, und die auf der anderen Seite gewährleistet, daß ein Korrosionsschutz vorhanden ist, der aggressiven Medien wie zum Beispiel Wasser und Salz widersteht. Zusätzlich muß die Oberfläche der Kolbenstange eine solch geringe Rauigkeit aufweisen, daß eine einwandfreie Abdichtung mit gummielastischen Dichtlippen gegenüber dem Innenraum des Schwingungsdämpfers auch unter hohen Drücken möglich ist.

In aller Regel wird dies heute dadurch erreicht, daß die Kolbenstangen entweder mit einer kombinierten Härtung und Verchromung oberflächenbehandelt werden, oder aber lediglich verchromt werden und die Härte der dann etwas verdickten Chromschicht zur Verbesserung der Gleitreibungseigenschaften ausgenutzt wird. Durch die Verchromung ergibt sich gleichermaßen auch der Korrosionsschutz gegenüber aggressiven Medien.

Nachteilig bei den bisherigen Behandlungsweisen ist es jedoch, daß zum einen die Härtung und die Verchromung umfangreiche Vor- und Nachbearbeitungen wie Schleifen, Feinschleifen, Vorhärten, Polieren etc. erfordern, und daß zum anderen die Verchromung Rückstände in Form von galvanischen Schlämmen oder Chromresten erzeugt, die auf aufwendige Weise entsorgt oder weiterverarbeitet werden müssen. Auch entstehende Dämpfe in Chrombädern sind gefährlich und erfordern eine besondere Abschirmung des gesamten Verchromungsprozesses.

Es bestand also für die Erfindung die Aufgabe, eine oberflächenbehandelte Kolbenstange vorzuschlagen, welche sich in ihren Eigenschaften bezogen auf den Widerstand gegen abrasiven Verschleiß und gegen Korrosion den bisherigen im Stand der Technik vorhandenen

Kolbenstangen mindestens ebenbürtig ist und welche die Vielzahl an Bearbeitungsprozessen während der Herstellung erniedrigt und gleichzeitig so aufgebaut ist, daß das gesamte Herstellungsverfahren kein umweltschädlichen Einflüsse oder Rückstände erzeugt.

Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale des Hauptanspruches. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

Gleichermaßen wird ein Verfahren bereitgestellt, welches in besonders vorteilhafter Weise zur Herstellung der erfindungsgemäßen Kolbenstangen geeignet ist.

Hierbei weisen die oberflächennahen Bereiche der Kolbenstange ausgehend vom Kernwerkstoff zunächst eine die Ausscheidungen der Legierungselemente beinhaltende Diffusionsschicht auf, wobei eine sich an die Diffusionsschicht anschließende und zur Oberfläche hinweisende, mit erhöhtem Stickstoffanteil versehene Verbindungsschicht vorhanden ist, und wobei die zur Oberfläche weisenden Bereiche der Verbindungsschicht mit einer Oxidschicht versehen sind, und wobei die Oberfläche der Oxidschicht eine Rauigkeit Rz von höchstens 0,8 µm aufweist.

Durch einen solchen Schichtaufbau in den oberflächennahen Bereichen ergibt sich zunächst in der Ausscheidungs- oder Diffusionsschicht eine hohe Festigkeit und Warmfestigkeit, welche durch Druckeigenspannungen entsteht, die wiederum durch Nitritionsausscheidungen der Legierungselemente verursacht werden. Die sich anschließende Verbindungsschicht mit ihren im Gefüge vorhandenen Nitritnadeln zeichnet sich durch besondere Härte und durch eine bereits relativ gute Korrosionsbeständigkeit aus, die jedoch durch die aufgelegte Oxidschicht noch so weit verbessert wird, daß zum Beispiel in einem vergleichenden Salzsprühtest nach DIN 50021 ein Wert von bis zu 240 Stunden Standzeit erreicht wird.

Besonders vorteilhaft werden sowohl die Druckeigenspannungen in der Diffusionsschicht als auch die Härte in der Verbindungsschicht beeinflusst, wenn die mit einem erhöhten Stickstoffanteil versehene Verbindungsschicht als Eisen-Stickstoff-Verbindungen im wesentlichen  $\text{Fe}_2\text{N}$  und/oder  $\text{Fe}_4\text{N}$  Verbindungen aufweist. Dies ist abhängig von Art und Partialdruck der in der Nitrierkammer genutzten Gase (zum Beispiel  $\text{H}_2\text{N}_2\text{CH}_4$ ) und von der chemischen Analyse des verwendeten Grund- oder Kernwerkstoffes.

Eine besonders wirkungsvolle und gegenüber korrosiven Medien besonders beständige Oxidschicht erreicht man, wenn die Oxidschicht im wesentlichen aus mit Sauerstoffüberschuß belegtem  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  besteht.

Die so erzeugte Oxidschicht weist ein besonders homogenes Erscheinungsbild auf und läßt aufgrund ihrer gleichmäßigen Struktur keinen Raum für Schalenbildung oder Abplatzungen auch während einer langen Betriebsdauer.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der oberflächenbehandelten Kolbenstange ergibt sich, wenn die Verbindungsschicht höchstens bis in eine von der Ober-

fläche gemessene Tiefe von 25 µm und die Diffusions-schicht höchstens bis in eine von der Oberfläche gemessene Tiefe von 1,5 mm in den Kolbenstangenwerkstoff hineinreicht.

Bei einer solchen Begrenzung der jeweiligen Einwirkungstiefen vermeidet man ein Abfallen der Härte in der Verbindungsschicht.

Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn die oberflächen-nahen Bereiche der Kolbenstange eine Grundhärte von 50 - 70 HRC besitzen.

Mit einer solchen Grundhärte bzw. voreingestellten Härte des oberflächennahen Kernwerkstoffes lassen sich nicht nur die Verbindungs- und Diffusionsschicht auf ein niedriges Maß und damit das gesamte Nitrier-verfahren in seinem zeitlichen Verlauf reduzieren, sondern es wird auch das Zwischenschalten von Schleif-vorgängen ermöglicht, welche bereits vor Beginn aller Oberflächenbehandlungen die Rauigkeit der Oberflä- che zu niedrigen Werten voreinstellen.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren, welches in be- sonderer Weise geeignet ist, die Oberfläche der erfin- dungsgemäßen Kolbenstange zu behandeln, besteht darin, daß die unbehandelte Kolbenstange zunächst gehärtet und nachfolgend feingeschliffen wird, daß da- nach die Oberfläche der Kolbenstange einem Nitrierpro- zeß unterworfen wird, welcher eine gehärtete äußere Verbindungsschicht und eine darunterliegende Diffusi- onsschicht erzeugt, und daß letztlich die nitriergehärtete Oberfläche der Kolbenstange einer Oxidierung unterzo- gen wird.

Bei einer solchen Verfahrensweise wird durch die zunächst durchgeführte Härtung und den anschließen- den Feinschliff eine Voreinstellung der Rauigkeit er- reicht, die dazu führt, daß das nachfolgende Nitrierver- fahren, welches in aller Regel wieder die Rauigkeit er- höht, problemlos durchzuführen ist. Auch wird hierdurch eine Voreinstellung des Kolbenstangendurchmessers ermöglicht, die der Tatsache Rechnung trägt, daß durch die aufgebrachte und über die Ursprungsoberfläche hin- ausstehende Nitrierschicht eine leichte Vergrößerung des Durchmessers der Kolbenstange stattfinden kann. Die anschließend aufgebrachte Oxidschicht trägt wenig zur Änderung der Oberflächenrauigkeit bei, so daß im Zusammenspiel mit der Voreinstellung durch den Fein- schliff hier eine sichere Verfahrensweise für das Errei- chen einer Rauigkeit Rz bereitgestellt wird, welche un- terhalb von 0,8 µm, im Regelfall sogar unter 0,4 µm liegt.

Ein gleichermaßen vorteilhaftes Verfahren ergibt sich, wenn die unbehandelte Kolbenstange zunächst gehärtet und nachfolgend geschliffen wird, und danach die Oberfläche der Kolbenstange einem Nitrierprozeß unterworfen wird, welcher eine gehärtete äußere Ver- bindungsschicht und eine darunterliegende Diffusions- schicht erzeugt, und daß letztlich die nitriergehärtete Oberfläche der Kolbenstange zunächst einem weiteren Feinschliff und anschließend einer Oxidierung unterzo- gen wird.

Trotz der im Stand der Technik bestehenden Sicht,

daß nämlich nitrierte Flächen nicht mehr geschliffen werden sollen, weil es aufgrund der hohen Härte zu aus- gebrochenen Stellen und mikroskopisch feinen Aufrei- ßungen kommen kann, läßt das hier offenbarte Verfah- ren einen Feinschliff der Nitrierschicht bzw. der Verbin- dungsschicht zu, ohne daß es zu den gefürchteten Er- höhungen der Rauigkeit kommt.

Nach der zunächst erfolgenden Härtung wird die Kolbenstange demnach in einer Weise geschliffen, daß noch nicht der endgültigen Rauigkeit Rechnung getra- gen wird, jedoch schon die Durchmesser vergrößerung und das Verhindern von Ausbrüchen in der Nitritschicht durch eine Voreinstellung der Grundrauigkeit verhin- dert wird. Die danach erfolgende Nitrierung der Ober- fläche bewirkt dann den bereits geschilderten Aufbau von Verbindungsschicht und Diffusionsschicht.

Mit dem vorbereitenden Schliff der Oberfläche er- gibt sich nun die Möglichkeit eines Feinschliffes der ni- trierten Verbindungsschicht, ohne daß Ausbrüche auf- grund der hohen Härte entstehen können. Verhindert wird dies durch die voreingestellte Grundrauigkeit in der Weise, daß die relativ niedrigen "Spitzen und Täler" des im Rauigkeitsmaßstab dargestellten Oberflächen- profiles durch die Feinschliffkräfte in ihrem jeweiligen Grundprofil nicht über ihre Festigkeitsgrenzen bean- sprucht werden.

Die nachfolgende Oxidierung ergibt dann in Kom- bination mit dem gesamten vorbereitenden Behand- lungsverfahren eine sehr geringe Rauigkeit und gleich- zeitig eine ausgezeichnete Härte und Korrosionsfestig- keit.

In einer vorteilhaften Ausbildung des Verfahrens er- folgt die Härtung der Kolbenstange durch eine Indukti- onshärtung, bei der in einfacher Weise die Kolbenstan- ge durch eine Spule geführt und danach in einem mit Sprühdüsen aufgetragenen Wasserbad abgekühlt wird. Hierdurch läßt sich eine relativ schnelle Härtung durch- führen, und der apparative Aufwand ist von den Kosten und vom Raumbedarf her in sehr engen Grenzen zu hal- ten.

Die Oxidation erfolgt vorteilhafterweise dadurch, daß man die Kolbenstange einer überhitzten Wasser- dampfatmosphäre aussetzt. Durch die Temperatur und die im Wasserdampf vorhandenen hohen Sauerstoffan- teile erreicht man auf einfache Weise die gewünschte mit Sauerstoffüberschuß belegte Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Oxidschicht.

In den Fällen, in denen außergewöhnliche Anforde- rungen an die Oberflächenstruktur gestellt werden, d.h. falls besonders geringe Rauigkeitswerte erreicht wer- den sollen, wird die oxidierte Oberfläche vorteilhafter- weise abschließend einem Prägepolierverfahren unter- zogen. Durch ein solches Prägepolieren werden auf ein- fache Weise die im Rauigkeitsmaßstab noch vorhan- denen "Spitzen" der Oberfläche eingewalzt.

In einer besonders vorteilhaften Ausprägung wird die nitriergehärtete Oberfläche der Kolbenstange durch einen Plasma-Nitrierprozeß erzeugt, welcher durch ei- ne kontrollierte und gepulste Glimmentladung auf der

Kolbenstangenoberfläche ermöglicht wird.

Hierdurch läßt sich eine besonders gleichmäßige und einen kontrollierten Nitriteintrag aufweisende Verbindungsschicht aufbauen.

Beim Plasma-Nitrieren befindet sich üblicherweise im Inneren der Nitrierkammer das Behandlungsgas (zum Beispiel  $H_2N_2CH_4$ ), welches durch die Zufuhröffnung in die durch die Abfuhröffnung vakuumisierte Nitrierkammer einströmen kann.

Mit Hilfe von Anschlußleitungen wird zwischen der Kolbenstange als Kathode und den Nitrierkammerwänden als Anode eine impulsförmige Spannung angelegt, die zu einer Glimmentladung auf der Oberfläche der Kolbenstange führt. Die Nitrierkammer ist über einen Erdungsanschluß geerdet. Durch die pulsformige Ladung über eine besonders geregelte Spannungsquelle werden lokale Werkstoffüberhitzungen oder Bogenentladungen vermieden.

Durch die sich auf der Oberfläche ausbildende Glimmentladung und dort stattfindenden Ionisationsprozeß werden die Nitride in den oberflächennahen Bereichen eingelagert.

Anhand eines Ausführungsbeispiels wird die Erfindung näher erläutert.

Es zeigen

- Fig. 1 eine Prinzipskizze des Oberflächenaufbaus einer erfindungsgemäßen oberflächenbehandelten Kolbenstange
- Fig. 2 das Diagramm eines Härteverlaufes über die oberflächennahen Bereiche einer erfindungsgemäß behandelten Kolbenstange
- Fig. 3 die durch das Nitrieren entstandene Erhöhung der Oberflächenrauigkeit
- Fig. 4 die durch das erfindungsgemäße Verfahren erreichte Oberflächenrauigkeit.

In der Fig. 1 ist ein vergrößerter Ausschnitt aus dem oberflächennahen Bereich einer erfindungsgemäß aufgebauten Kolbenstange gezeigt, in welchem man ausgehend vom Kernwerkstoff bzw. Grundwerkstoff 1 in Richtung auf die Oberfläche die Diffusions- oder Ausscheidungsschicht 2, die Verbindungsschicht 3 und die Oxidschicht 4 erkennt.

Neben dem Ausschnitt und im Maßstab des Schichtaufbaus ist die Stickstoff- bzw. Nitritkonzentration aufgetragen, die sich von dem normalen Gehalt des Grundwerkstoffes 1' über eine kontinuierliche Zunahme in der Diffusionsschicht 2' schließlich bis in die gewünschte Konzentration 3' in der Verbindungsschicht aufbaut.

Die Fig. 2 zeigt den zu einem derartigen Schichtaufbau gehörigen Härteverlauf anhand der Härtekurve 5, welche in einem Diagramm aufgetragen ist, das als Ordinate die Härte 6 und als Abszisse den Randabstand 7 beinhaltet. Die Nullage der Abszisse 7 stellt dabei die Oberfläche der Kolbenstange dar.

Man erkennt die durch die Nitrierung entstehende

Randhärte 8, die in Richtung auf den Grundwerkstoff langsam abfällt und im Zentrum der Verbindungsschicht etwa auf den Wert 9 abgesunken ist. Die Grund- oder Kernhärte des Kolbenstangenwerkstoffes wird durch den Kurventeil 10 dargestellt.

Die Fig. 3 zeigt in anschaulicher Weise die durch das Nitrieren entstehende Erhöhung der Oberflächenrauigkeit 11 im Vergleich zur vor der Nitrierung vorhandenen Grundrauigkeit 12. Die Ordinate 13 zeigt hier die Rauigkeitswerte, welche aus einer Anzahl 14 von Versuchsmustern gemittelt wurden.

Die Fig. 4 zeigt nun die erfindungsgemäße Behandlung der Kolbenstangenoberfläche, bei der eine Anzahl 14' von Versuchsmustern geprüft wurde. Die Kurve 15 stellt hierbei die gemittelten Werte nach Abschluß der Oberflächenbehandlung dar, während die Kurve 16 den Zustand vor der Nitrierung beschreibt. Auf der Ordinate 13 ist wiederum die Oberflächenrauigkeit aufgetragen.

Man erkennt hier deutlich, daß durch das erfindungsgemäße Verfahren eine Oberfläche erreicht wird, die sowohl in Bezug auf den Korrosionsangriff als auch mit Blick auf die sichere Abdichtung und die Eigenschaften in Bezug auf metallisch gleitende Führung und Lagerung ausgesprochen gute Verwendungseigenschaften bereitstellt.

## Oberflächenbehandelte Kolbenstange

### Bezugszeichenliste

- |        |  |
|--------|--|
| 1      | Kernwerkstoff der Kolbenstange                               |
| 1'     | Relative Nitritkonzentration des Grundwerkstoffes            |
| 2      | Diffusionsschicht  |
| 2'     | Relative Nitritkonzentration der Diffusionsschicht           |
| 3      | Verbindungsschicht   |
| 3'     | Relative Nitritkonzentration der Verbindungsschicht          |
| 4      | Oxidschicht  |
| 5      | Härtekurve, Härteverlauf abhängig vom Abstand zur Oberfläche |
| 6      | Härte (Ordinate)   |
| 7      | Randabstand  |
| 8      | Randhärte  |
| 9      | Härte der Verbindungsschicht                                 |
| 10     | Kernhärte  |
| 11     | Oberflächenrauigkeit   |
| 12     | Grundrauigkeit   |
| 13     | Rauigkeit (Ordinate)   |
| 14     | Anzahl der Versuchsmuster                                    |
| 15, 16 | Rauigkeitskurven   |

### Patentansprüche

1. Oberflächenbehandelte Kolbenstange für einen hydraulischen Schwingungsdämpfer mit einem in ei-

nem Dämpfungszyylinder axial verschieblich geführten und mit einer Kolbenstange verbundenen Kolben, wobei der Kolben Ventile für einen Austausch von Dämpfungsflüssigkeit in der Zug- und in der Druckstufe aufweist und den Dämpfungszyylinder in zwei Arbeitsräume unterteilt,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die oberflächennahen Bereiche der Kolbenstange ausgehend vom Kernwerkstoff (1) zunächst eine Diffusionsschicht (2) aufweisen, wobei eine sich an die Diffusionsschicht anschließende und zur Oberfläche hinweisende, mit erhöhtem Stickstoffanteil versehene Verbindungsschicht (3) vorhanden ist, und bei der die zur Oberfläche weisenden Bereiche der Verbindungsschicht mit einer Oxidschicht (4) versehen sind, und die Oberfläche der Oxidschicht eine Rauigkeit Rz von höchstens 0,8 µm aufweist.

2. Oberflächenbehandelte Kolbenstange nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die mit einem erhöhten Stickstoffanteil versehene Verbindungsschicht (3) als Eisen-Stickstoff-Verbindungen im wesentlichen  $\text{Fe}_2\text{-}_3\text{N}$  und/oder  $\text{Fe}_4\text{N}$  Verbindungen aufweist.

3. Oberflächenbehandelte Kolbenstange nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Oxidschicht (4) im wesentlichen aus mit Sauerstoffüberschuß belegtem  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  besteht.

4. Oberflächenbehandelte Kolbenstange nach Anspruch 1 bis 3,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Verbindungsschicht (3) höchstens bis in eine von der Oberfläche gemessene Tiefe von 25 µm und die Diffusionsschicht (2) höchstens bis in eine von der Oberfläche gemessene Tiefe von 1,5 mm in den Kolbenstangenwerkstoff hineinreicht.

5. Oberflächenbehandelte Kolbenstange nach Anspruch 1 bis 4,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die oberflächennahen Bereiche der Kolbenstange eine Grundhärte von 50 - 70 HRC besitzen.

6. Verfahren zur Herstellung einer oberflächenbehandelten Kolbenstange für einen hydraulischen Schwingungsdämpfer mit einem in einem Dämpfungszyylinder axial verschieblich geführten und mit einer Kolbenstange verbundenen Kolben nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die unbehandelte Kolbenstange zunächst gehärtet und nachfolgend feingeschliffen wird, daß danach die Oberfläche der Kolbenstange einem Ni-

trierprozeß unterworfen wird, welcher eine gehärtete äußere Verbindungsschicht (3) und eine darunterliegende Diffusionsschicht (2) erzeugt, und daß letztlich die nitriergehärtete Oberfläche der Kolbenstange einer Oxidierung unterzogen wird.

7. Verfahren zur Herstellung einer oberflächenbehandelten Kolbenstange für einen hydraulischen Schwingungsdämpfer mit einem in einem Dämpfungszyylinder axial verschieblich geführten und mit einer Kolbenstange verbundenen Kolben nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die unbehandelte Kolbenstange zunächst gehärtet und nachfolgend geschliffen wird, daß danach die Oberfläche der Kolbenstange einem Nitrierprozeß unterworfen wird, welcher eine gehärtete äußere Verbindungsschicht (3) und eine darunterliegende Diffusionsschicht (2) erzeugt, und daß letztlich die nitriergehärtete Oberfläche der Kolbenstange zunächst einem weiteren Feinschliff und anschließend einer Oxidierung unterzogen wird.

8. Verfahren zur Herstellung einer oberflächenbehandelten Kolbenstange gemäß Anspruch 6 oder 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die unbehandelten Kolbenstangen zunächst einer Induktionshärtung unterzogen werden.

9. Verfahren zur Herstellung einer oberflächenbehandelten Kolbenstange nach einem der Ansprüche 6 bis 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Oxidierung dadurch erfolgt, daß die Kolbenstangenoberfläche überhitztem Wasserdampf ausgesetzt wird.

10. Verfahren zur Herstellung einer oberflächenbehandelten Kolbenstange nach einem der Ansprüche 6 bis 9,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß im Anschluß an die Oxidierung die Kolbenstangenoberfläche einem Prägepolieren unterzogen wird.

11. Verfahren nach Anspruch 6 oder 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die nitriergehärtete Oberfläche der Kolbenstange durch einen Plasma-Nitrierprozeß erzeugt wird, welcher durch eine kontrollierte und gepulste Glimmentladung auf der Kolbenstangenoberfläche erfolgt.

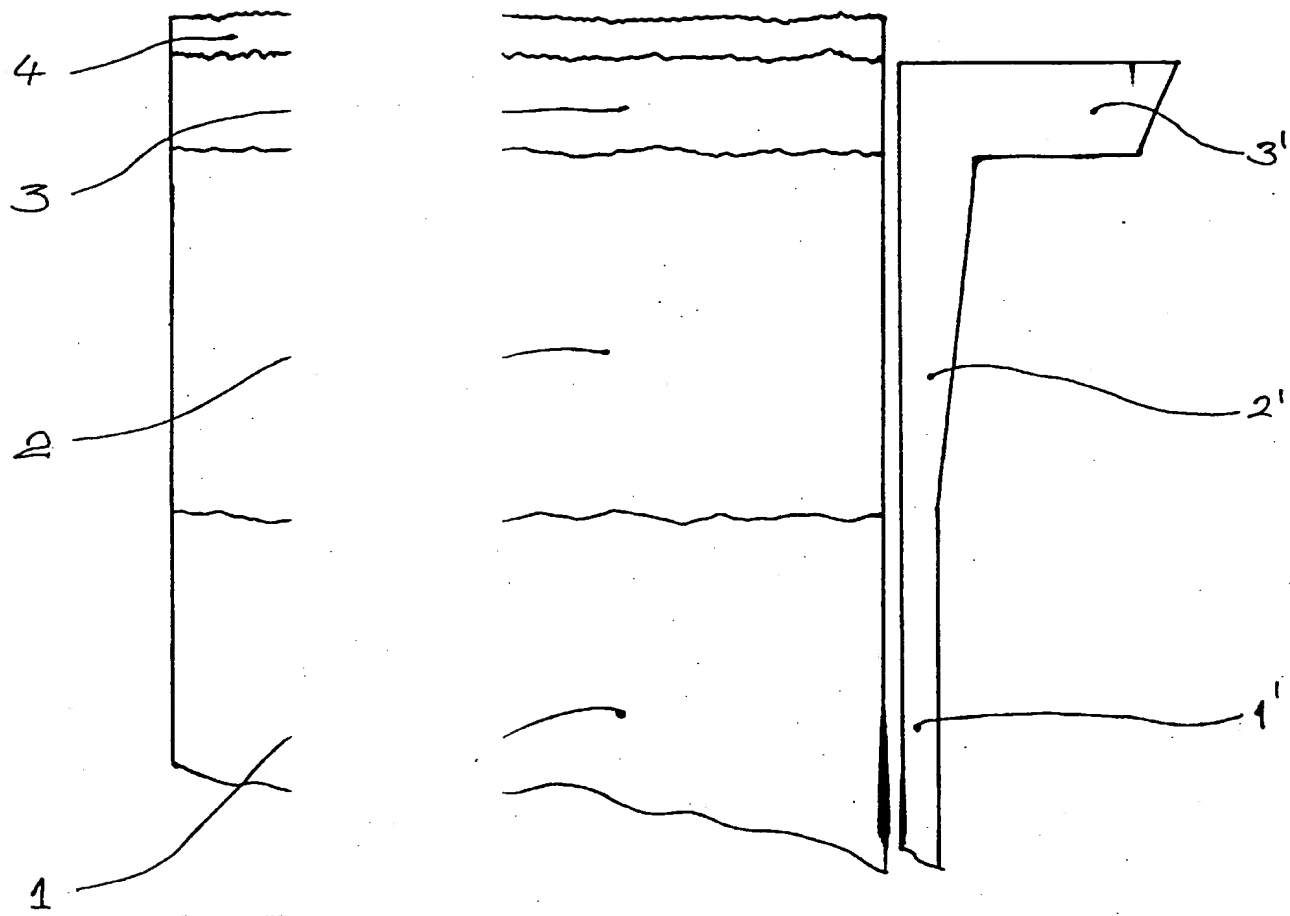


Fig. 1

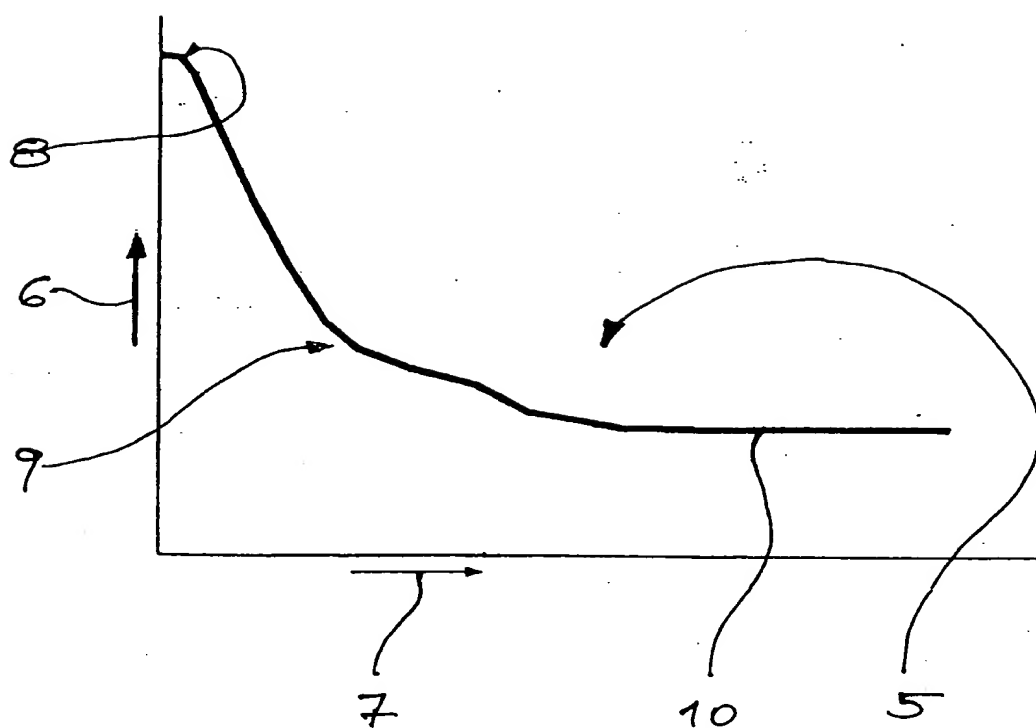


Fig. 2

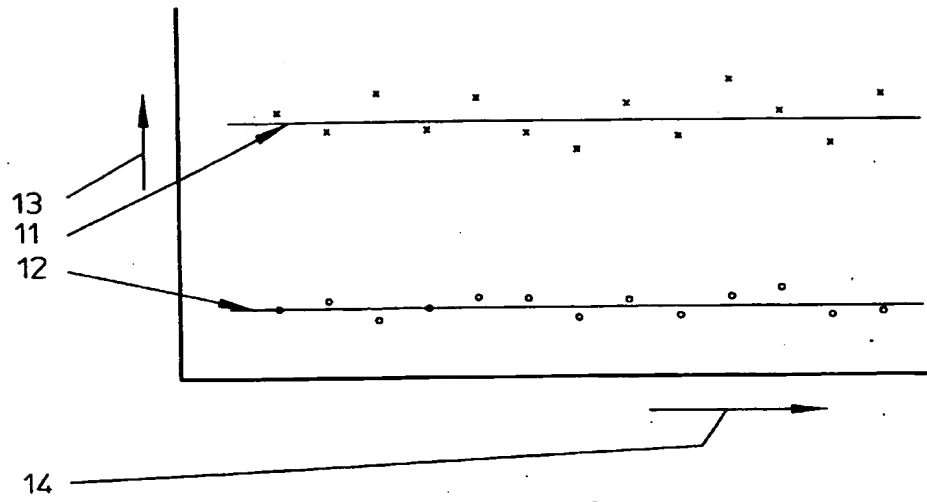


Fig. 3

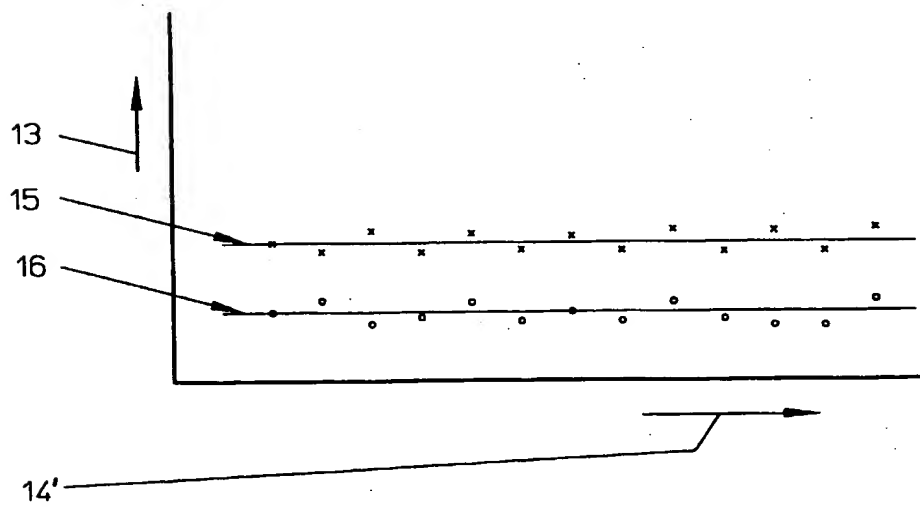


Fig. 4





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 11 8670

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	
X A	DE-A-32 25 686 (VOLKSWAGENWERK) * Seite 4, Zeile 1 - Zeile 2 * * Seite 4, Zeile 28 - Zeile 10; Ansprüche 1-7 *	1,3 6,7,9	C23C8/34
X	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 93 (C-220), 27. April 1984 & JP-A-59 009166 (PAAKAA NETSUSHIYORI), 18. Januar 1984, * Zusammenfassung *	6	
X A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 269 (M-259), 30. November 1983 & JP-A-58 146762 (KAYABA HISAYOSHI), 1. September 1983, * Zusammenfassung *	1,2 6,10	
X	--- HTM HARTEREI-TECHNISCHE MITTEILUNGEN, Bd. 46, Nr. 6, November 1991 - Dezember 1991, MÜNCHEN, DE, Seiten 339-348, XP000237444 U. EBERSBACH: "elektrochemische korrosionsuntersuchungen..." * Seite 339, Spalte 2, Absatz 5 - Seite 344, Spalte 2, Absatz 1 *	1-6	
X	--- HTM HARTEREI-TECHNISCHE MITTEILUNGEN, Bd. 44, Nr. 6, November 1989 - Dezember 1989, MÜNCHEN, DE, Seiten 331-338, XP000163078 H.-G. GRABENER: "einfluss der stahlzusammensetzung..." * Seite 331, Spalte 2, Absatz 4 - Seite 333, Spalte 1, Absatz 2 * * Seite 334, Spalte 2, Absatz 2 - Seite 335, Spalte 2, Absatz 1 * --- -/--	1-6,8,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) C23C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchesort DEN HAAG		Abchlußdatum der Recherche 14. Juni 1996	Prüfer Elsen, D
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 150 (01/92) (P/0100)



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 11 8670

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 110 (C-0920), 18.März 1992 & JP-A-03 285059 (ATSUGI UNISIA), 16.Dezember 1991, * Zusammenfassung *	1,3,6,7, 9,10	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 110 (C-0920), 18.März 1992 & JP-A-03 285058 (ATSUGI UNISIA), 16.Dezember 1991, * Zusammenfassung *	1,3,6,9, 10	
A	EP-A-0 195 499 (LUCAS INDUSTRIES) * Seite 5, Zeile 16 - Zeile 20 * * Seite 6, Zeile 10 - Zeile 13 * * Seite 7, Zeile 8 - Zeile 17; Ansprüche 1-10 *	1-3,6	
A	EP-A-0 217 420 (LUCAS INDUSTRIES) * Ansprüche 1-8; Beispiel 3 *	1,5,6	
A	EP-A-0 229 325 (LUCAS INDUSTRIES) * Seite 28, Zeile 10 - Zeile 29; Ansprüche 1-9 *	1,5,6	
A	EP-A-0 299 625 (LUCAS INDUSTRIES) * Ansprüche 1-12; Beispiel 1 *	1,3,6,11	
A	HARTEREI-TECHNISCHE MITTEILUNGEN, Bd. 40, Nr. 2, März 1985 - April 1985, MÜNCHEN, DE, Seiten 77-79, XP002005629 E.J.MITTEMEIJER: "oberflächenoxidation von nitrierschichten" * Seite 77 - Seite 79 *	1-3,6	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 14.Juni 1996	Prüfer Elsen, D
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur I : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1501 01.92 (P0400)



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 11 8670

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE		
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 186 (C-036), 20.Dezember 1980 & JP-A-55 125267 (KAWASAKI HEAVY IND), 26.September 1980, * Zusammenfassung * -----	11
		KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
Recherchenamt <b>DEN HAAG</b>	Abschlußdatum der Recherche <b>14.Juni 1996</b>	Prüfer <b>Elsen, D</b>
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

EPO FORM 1501 (03.92) (P4/CDD)